

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

NA STOLE

ON THE TABLE

## **Anotace**

Výtvarným záměrem bylo vytvořit soubor váz a mís. Na téma – „Na Stole“. Tomuto tématu už jsem se již věnovala a dál jsem ho chtěla využít do hutního zpracování skla.

V první části jsem vytvořila mísy, které byly foukány do kovových klecí svařených drátů. Většina výrobků je z čirého skla.

Dále jsem vytvořila vyklápěcí kovovou formu na vázy. Kde jsem použila i barevné zpracování hutního skla.

Příloha obsahuje popis technologie a fotografickou dokumentaci.

## **Annotation**

The art motive was to create a collection of vases and basins themed „On the table“. I have already dealt with this theme and I would like to utilise this theme further for glass forming.

In the first part I have created basins blown into the metal cages of welded wires. Most of the products are made from clear glass.

Then I have made a pull-out metal vase form. I have utilised even colored forming of glass.

Description of technique and photographic documentation are enclosed.

**Klíčová slova**

Ajeto

Hutní sklo

Kovové formy

Váza

**Key words**

Ajeto

Blown glass

Metal mold

Vase

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat ak.soch. Oldřichu Plívovi za trpělivé a odborné vedení. Dále bych chtěla poděkovat firmě Ajeto s.r.o., kde jsem měla možnost zhotovit celou bakalářskou práci. Také svému otci Zdeňkovi Šípovi za úpravy a konzultace ohledně kovové formy. Za fotografické zpracování bych chtěla poděkovat Haně Svobodové a Lukáši Krondřákovi.

## Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	MOTTO .....	9
3	HISTORIE.....	10
3.1	Historie Českého skla .....	10
4	PROCES-VÝROBY.....	11
4.1	VSÁZKA .....	11
4.2	Nakladače .....	16
4.3	Sklářské tavící pece .....	17
4.4	Spalování-Ohřev-Tavení-Čeření –Vrácení na pracovní teplotu.....	17
5	AJETO s.r.o.....	29
6	REALIZACE .....	34
6.1	Návrhy .....	34
6.2	Formy .....	35
6.3	Realizace na huti .....	40
6.4	Broušení a zušlechťení povrchu .....	42
7	FOTODOKUMENTACE.....	43
8	ZÁVĚR .....	46
9	POUŽITÁ LITERATURA .....	47

# 1 ÚVOD

Pocházím ze sklářské rodiny. Už od malička - jak mi rodiče říkávají jsem pořád malovala a vyráběla cokoli z jakéhokoliv materiálu. Čím jsem byla starší tak jsem s tatínkem chodívala do jeho práce ,kde jsem se seznámila s lisovaným sklem na tzv.linkuši a nejen to, pomalu jsem vnikala do tajemství skla,které mě očarovalo.

Sklo mě zaujalo již na základní škole,kdy akademická malířka paní Jankovcová – u které jsem malovala - pracovala se svým manželem. Tvořili malované obrazy, i lehané sklo – převážně obrazy. Bylo úžasné, pozorovat je u práce.

Po přestěhování do Lindavy jsme během svých studentských let na střední škole začala spolupracovat, ale i brigádně pracovat s firmou AJETO s.r.o. a tato spolupráce je do dnešního dne. Moje praxe také byla u firmy CKV s.r.o. Pozorovat skláře u jejich práce to se tají dech, co všechno umí a jací jsou to mistři ve svém oboru.

Moc ráda na dětství vzpomínám, kdy jsem sedávala s tatínkem, on mi vše o skle trpělivě vysvětloval - to vše přetrvává do dnes. Jsem moc ráda za talent , který jsem po něm zdělila a své umělecké cítění se snažím stále zdokonalovat.

Společně s rodiči jsme poznávala tajemství sklářského města Nový Bor a každou událostí kolem sklářství jsem měla možnost navštívit.

Moje bakalářská práce je kolekce soubor váz a mís, kterou bych chtěla ukázat tvárnost skla a jeho uplatnění v interiéru.

## 2 MOTTO

„Kdo chce milovat české sklo, musí mu rozumět, poznat je a chápat. A není porozumění bez opravdové znalosti sklářského umění, jeho dlouhé cesty, jak se rodí, vzniká, roste, žije, než dokončené dílo se představí našim zrakům. Jak málokdo tuší tajemnost této práce, jak málo lidí zná ze skutečnosti složitý postup výroby skla jako hmoty a činnost skláře člověka, který dechem svých rtů formuje žhoucí hmotu, často se slzami v očích, vysílených plameny tavících pecí.

Úkol skla v životě člověka má vyšší účel než hmoty jiné, třeba sebe dražší. Milovati sklo znamená zapomenutí tmy a stínu, značí povznesení se k světlu a jasu. Zadívatí se vzhůru do dubových reflexí a záře, státi se ušlechtlejší a jasnější lidskou bytostí! Milovati sklo je tolik jako obdivovati a ceniti ony vlastnosti, jež tvoří jeho trvalou hodnotu, to jest poctivost hmoty a poctivost práce.

Nepomijitelná krása českého skla spočívá v tom, že vlastnostmi skla vyjádřila vlastnosti národa.“

Josef Drahoňovský

Na II. Mezinárodním sklářském kongresu v Londýně 1930.

### **3 HISTORIE**

#### **3.1 Historie Českého skla**

České sklo se stalo ve světě známé v 18.století a to hlavně svou bezbarvostí a leskem, jímž úspěšně soutěžilo se sklem benátským.

Snad žádná země se nemůže pochlubit dlouholetou tradicí a nepřerušenou po několik století jako české sklo. A to nemluvím jen o dvou sklárnách, ale o oblastech, kde jejich činnost trvá do dnes. České sklo je vyhledáváno jak v Evropě, tak i na jiných kontinentech.

Také bych chtěla zmínit asi naší nejstarší huť Chřibská, která funguje od počátku 15.století. Nachází se přímo ve středu severní sklářské krajiny, kde existují další sklářská města jako Nový Bor, Kamenický Šenov, stranou ležící Jablonec nad Nisou a další známá místa, která určitě znáte.

Naši předkové vyráběli sklo, které předávali generaci po generaci. Přísně vše střežili a tajili. Vydávali ze sebe jen to nejlepší - vkus, cit a dřinu, aby odcházelo z hutí jen to nejlepší např.: poháry, vázy, číše, lustry a další výrobky.

Jen málo starých řemesel se zachovalo do dnešní doby bez počítačů, jako právě sklářská výroba. Člověk zůstal nepostradatelnou součástí i té nejmodernější sklárny.



## 4 PROCES-VÝROBY

### 4.1 VSÁZKA

Vsázkou se nazývá určité váhové množství kmene a střepů nakládané, respektive zakládané do sklářských tavících pecí v určitých časových intervalech.

Sklářský kmen nazýváme dokonale homogenizovanou práškovitou směsí surovin, ze které se taví sklovina. Tato směs surovin má přesně určený váhový poměr mezi použitými složkami pro jednotlivé druhy skloviny. Je to dáno předpisem, v němž jsou uvedeny druhy surovin a jejich množství, které je nutno navážít. Také je určené pořadí v jakém se váží.

Sklářskou vsázkou nazýváme celkové množství nakládek kmene do pánve nebo van. U nepřetržitě pracující vanové pece množství zakládek kmene za určitou dobu. Střepy mohou být buď součástí sklářského kmene, nebo jako přídavek ke kmeni při nakládce nebo zakládce kmene.

Požadavky na jakost sklářského kmene se řídí především nároky na jakost skloviny pro určitý druh výrobku. Jsou však známy všeobecné požadavky sklářského kmene – dobrá homogenita kmene, malá prašnost a malá schopnost kmene k odmísení.

Požadavky na homogenitu sklářského kmene vzrůstají s požadavky na stupeň homogenity skloviny. Absolutní homogenity nelze dosáhnout za normálních podmínek. Nejlepší homogenitu skloviny požadují i u optických skel a jakostních křišťálových skel, ale zvyšují se i u jiných druhů skloviny. Příčiny proč nejde dosáhnout plně homogenní skloviny je rozdíl zrnitosti surovin měrné hmoty, vliv objemové váhy, chybné odvažování, vliv vlhkosti surovin, nevhodné mísicí zařízení, délka doby mísení, sklon rozprašování, nevhodná manipulace s kmenem ....Tyto vlivy se začaly objevovat při ručním mísení a teď i při strojním mísení.

Technologický postup je ve všech sklárnách obdobný. Sestavují se podle daných skel a poměry ve sklárnách.

S přípravou sklářského kmene pro křišťál a polobíla skla souvisí také příprava odbarvovací směsi. Účelem odbarvování je zbavit se žlutozelených až zelených odstínů křišťálu, způsobené kysličníky železa, které přecházejí do skla ze sklářských surovin. Jako odbarvivo chemické slouží arzenik, kysličník antimonitý, ledky, sírany, kysličník ceričitý a burel.

Jako fyzikální odbarviva je burel, selen a jeho sloučeniny, kysličníku nikalnatého, kysličníku kobaltového, fosforečnanu kobaltnatého a kysličníku vzácných zemin.

Fyzikální odbarviva se přidávají do sklářského kmene v malém množství. Tak malé dávky se špatně rozmíchávají a tak se rozmíchávají s neutrální řídící složkou (vápencem, dolomitem, boraxem apod.) a do kmene se přidává tato hotová směs. Soda a potaž se nepoužívá jako neutrální složka proto, že zásobní směs by se navažovala nepřesně pro kolísavý obsah vody. Písek je také nevhodný pro velký rozsah zrnitosti. Odbarvivo se dává buď před zamícháním kmene, nebo častěji takzvaným zakopáváním do hotového kmene.

Použití suchého či vlhkého sklářského tavného písku do sklářského kmene není ani u nás ani v cizině jednotný názor. Jak suchý tak mokřý písek má své výhody a nevýhody, ale jednotný názor je na vlhký sklářský kmen. Výhoda vlhkého sklářského kmene je urychlení tavení, zachování homogenity kmene při dopravě a zakládce. Zároveň je snížena prašnost kmene. Přední odborníci doporučují různé množství vlhkosti ve sklářském kmeni – od 2% do 5% vody, což je určeno složením kmene.

Suchý sklářský písek se používá hlavně v ruční výrobě a dodatečně už sebevlhčí. Vlhkého sklářského písku se používá převážně ve strojní výrobě skel, přitom bývá vlhkost kmene různá při vlhkosti používaných surovin.

Použití suchého sklářského písku rozumíme písek o maximálním obsahu do 0,5% H<sub>2</sub>O.

Výhody suchého písku je snadná manipulace jak při vykládání z vagónu do skladu, tak i do skladu a zásobníku. Plynule a dobře se dává do automatických vážících zařízení a také se dobře reguluje SiO<sub>2</sub> ve sklářském kmeni i ve sklovině. Dobrá tekutost písku se zkracuje doba vážení a zároveň se nemusí provádět korekce na vlhkost. Není-li horký nebo nepodporuje tvorbu hrudek nebo chuchvalců v kmeni, zvláště ve směsi se surovinami, které jsou náchylné k tvorbě hrudek ve vlhkém stavu (například živec). Při suchém písku se dobře kontroluje granulometrické složení na sítích, dobře se odstraňují velká zrna písku. Suchý

písek nevytváří rez při v styku se železnými součástmi zařízení. Suché písky se výhodně dopravují pneumaticky.

Nevýhody suchého písku jsou při manipulaci ,hodně se práší a tím vzniká nevhodné prostředí a také jsou větší manipulační ztráty. Suché křemičité písky nemůžeme nabírat takzvanými drapáky, protože vytékají i malými otvory, ale u mokrých nepůsobí tyto potíže.

Do skláren vozí mokrý písek. Sušení mokrého písku se nevyplatí jak z důvodu prašnosti, tak i z důvodu vysokých nákladů a také se písek musí i vychladit. Také máme další nevýhody suchého kmene, ale ty se dají při mísení zvlhčit v mísiči na potřebu vlhkosti.

Písky se suší: a) před uložením do skladu, dále se vykládají hned do bubnových sušáren a pak se ukládají do skladu, u takového způsobu je potřeba mít velkou kapacitu sušáren.

b) před naplnění zásobníku je potřeba písek vychladit.

Použití vlhkého písku do sklářského kmene si nejdříve ujasníme pojem vlhký a mokrý sklářský písek. Z provozních zkušeností s uskladněním písku ve sklárnách lze mluvit o vlhkém písku , ale jen tehdy jestli je uskladněný na velkých hromadách nebo ve výškových silech. Celkem zachovává rovnováhu vlhkosti ve všech vrstvách. Podle provedených měření se ustálí v písku  $H_2O$  pod 4%. Při větším obsahu vody v písku hovoříme o mokrém písku, neboť při obsahu vody nad 4% se rozvrstvuje voda podle výšky hromady. Pokud se použije mokrý písek s vlhkostí nad 4% tak vznikají tyto závady a) nekontrolovatelného odběru různých vrstev písku o proměnné vlhkosti, b) dalších změn, které v mokrém písku nastávají při delší manipulaci, c) nezvládnutí přesného stanovení korekce na vlhkost písku k vážení.

Výhody vlhkého písku: Při používání vlhkého písku se snižuje prašnost. Používání vlhkých surovin, při nichž se netvoří prach, má také význam pro přípravu kmene obsahujícího suroviny jedovaté, škodlivé zdraví. Vlhký sklářský kmen nevykazuje též tak velkou schopnost k odmísení jako kmen suchý. V posouzení příčiny dobré účinnosti určité vlhkosti kmene na tavení se dosud nedosáhlo jednotného názoru, i když příznivý vliv vlhkosti kmene se všeobecně uznává. Tento vliv se vysvětluje takto :

- a) částice sody se působením vlhkosti písku částečně rozpouštějí a vzniklý roztok obaluje jednotlivá zrna písku, tím se zvětšuje reakční plocha a urychluje se tavení.

- b) Snížení ztrát rozprachem se příznivě projeví nejen při manipulaci s kmenem, ale hlavně při jeho zakládání. Rozprach sody při zakládání značně nepříznivě působí i na tavicí agregát. Vlhký je rozhodně lepší než mokrý písek k přípravě sklářského kmene. Pohyb vlhkého písku v sílech je podstatně lepší než u písku mokrého a pro vlhký písek lze použít i pneumatické dopravy.

Nevýhody mokrého písku : Zásadní námitka proti použití mokrého písku do kmene je jednak v nestejnoměrném rozložení obsahu vody v zásilkách písku do skláren, jednak v těžkostech vznikajících při jeho použití v technologii přípravy kmene. V hodně mokrých pískách se snižuje vlastní obsah suroviny o váhu vody a kromě toho je i sušení této suroviny obtížné. Mokrý písek ztěžuje příslušnou manipulaci s pískem jak ve skladu surovin, tak i v mísárně. Pohyb mokrého písku v sílech není plynulý, je obtížný a rovněž vznikají obtíže při jeho třídění sítí i při jeho navažování do sklářského kmene. Zpomalený pohyb mokrého písku ze sil do vázicího zařízení prodlužuje dobu vážení této suroviny a tím i celou operaci vážení surovin. Tyto nedostatky je nutno hledat ve velké přilnavosti mokrého písku ke stěnám proti písku suchému. Je-li mokrý písek uložen v sílech, může se při dalším uskladnění i rozvrstvit. Písek v sílech má na nejnižších vrstvách sílu nejvyšší obsah vody než v horních vrstvách. Za tohoto stavu je obtížné stanovit množství vody a váhovou korekci. Mokrý písek také způsobuje tvorbu rezu na železných součástkách. Vzniklý rez přechází na povrch zrn a tím se nepříznivě ovlivňuje barva skla. Vážná závada je to hlavně u křišťálových skel. Mokrý písek také způsobuje chuchvalce s mísením suchých surovin, někdy se tvoří hrudky a chuchvalce. Přilnavost mokrého písku značně ztěžuje jeho rozdělení a smícháním s ostatními, prakticky suchými surovinami. Hrudky písku způsobují těžko rozpustné kaménky ve sklovině. Jejich tvorbu ještě podporuje, že viskozita křemičitých skel je při tavení dost vysoká a že kysličník křemičitý se mnohem hůře taví než ostatní látky obsažené v vsázce. Někdy se doporučuje k boji s nekalostmi ve kmeni osívat vlhký kmen. Osívání kmene je práce na víc, která je tím obtížnější, čím vlhčí je kmen. Dále se doporučuje, když je vlhký kmen tak je lepší připravovat v menších dávkách. Při tvoření hrudek v kmeni není přilnavost. Spojení a slepení zrn může nastat chemickými pochody v samém sklářském kmeni a to u jednotlivých surovin.

Vážení surovin je důležitá operace, protože na ní závisí dobrá jakost skloviny. Čím větší požadavky tím větší přesnost na vážení surovin. Na sklářský kmen se používají suroviny buď v práškovém nebo krystalickém stavu. Pro větší přesnost se používá vážení a ne odměřování. Používání měrek není v kmenárnách dovoleno, protože nemůžou zaručit

přesnost dílu do sklářského kmene. Rovněž je nutno dodržovat správný postup při vážení, aby nedocházelo k hrudkám, protože při mísení se špatně rozdělují a pak při tavení vedou ke vzniku vad skloviny např. šlíry.

Sklářské suroviny můžeme vážit několika systémy: a) ručně, b) poloautomaticky, c) plnoautomaticky.

**Ruční navažování surovin.** Tento způsob se používá v malých sklárnách, kde se taví poměrně málo skla (tavení v pánvích nebo malých vanových pecí). Suroviny se váží přímo do vozíku s mísičem typ Saxonia. Tímto způsobem lze dosáhnout dobrých výsledků, jestliže se správně kontroluje jakost surovin, provádí se opravy navážek na jejich složení a hlavně na jejich vlhkost, pokud jsou váhy správné i čisté. Nejprve se naváže písek, protože je ho největší dávka, soda a potaš se navažují jako první, protože by mohly přilnout na stěny vozíku. Potaš kalcinovaná je silně hygroscopická, a proto se nedoporučuje navažovat ji poslední, protože by při delším ponechání na vzduchu zvlhla a vytvořila by s ostatními surovinami homogenní kmen.

**Poloautomatické navažování surovin.** Při tomto způsobu se používají pojízdné váhy s pevně vystavěnou vážicí nádobou. S touto váhou se popojíždí od zásobníku k zásobníku a postupně navažují jednotlivé složky kmene. Po navážení se odveze pojízdná váha na konec kolejí, kde je mezi kolejemi otvor do násypky uložené pod dláždou v mísírně. Z násypky se navážené suroviny dopravují dopravníkem do mísiče. Suroviny se poté vypouštějí do vážicí nádoby otevřením segmentových uzávěrů pohybem páky. Při tomto systému závisí na správném odvážení surovin a zručnosti pracovníka. A také jak rychle dokáže zastavit tok materiálu z uzávěru do vážicí nádoby.

**Plnoautomatické navažování surovin.** Tímto způsobem lze značně zvýšit produktivitu, snížit počet pracovních sil a vyloučit spoustu chyb způsobené lidským činitelem. Tento způsob je již tak daleko, že ho může řídit jeden pracovník. Celý proces a zároveň kontrolovat celý cyklus vážení včetně vyprázdnění váhy, dopravy navážených surovin do mísiče i mísení. U některých už ani neřídí chod, ale jen kontroluje. Program je, ale předem stanoven a navždy.

Mísení sklářského kmene je mechanický pochod, jehož charakter je určen druhy surovin použitými na sklářský kmen, ale i použitým mísícím zařízením. Mísením se má dosáhnout správné homogenity kmene. Pojem homogenizace sklářského kmene je tak dokonalé promísení surovin, že výsledná směs sklářského kmene má vlastnosti zcela určité a

platné pro kteroukoliv část. Dobře promísený kmen zkracuje dobu tavení, snižuje korozi žáruvzdorného materiálu a snižuje počet vad ve skle, které vznikají nestejnorodostí skloviny. Požadovaná homogenita kmene se někdy obtížně dosahuje a stupeň homogenity závisí na : a) vlastnostech surovin, b) konstrukci mísiče, c) době mísení, d) rychlosti otočení mísiče, e) zatížení mísiče. Stejnorodost může ovlivnit spoustu dalších činitelů např. : stupěň předmísení navážených surovin a systém dávkování. Velký význam má i účinek mísení v mísiči.

Doba mísení se musí dodržet. Tato doba závisí na typu mísiče, ale i na jiných činitelích, jako na vlastnostech surovin. Doba dobrého mísení je 3-5 minut.

Kmenárny pro ruční výrobu nejsou jednotného typu, jsou známé kmenárny, kde se kmen připravuje ručně. Některé kmenárny mají určitou část mechanizovanou. V poslední době se, ale navrhuje kmenárny s malým výkonem a plnou mechanizací.

Kmenárny jsou jen částečně mechanizované a to podle toho jaký mají nárok na sklovinu a jakost kmene. Slouží k vážení a mísení surovin a také k přípravě. Kmenáren máme více druhů např. řadové, věžové a speciální.

## **4.2 Nakladače**

Nakládání sklářského kmene do sklářských tavící pecí je v podstatě vnášení kmene v dávkách na sebe, při čemž nakládáný kmen dopadne shora do pánve nebo na hladinu skloviny ve vanové tavící peci.

Zakládání sklářského kmene se rozumí vnášení kmene do vanové tavící pece vodorovným zasouváním kmene, zasouvání stěpů na hladinu skloviny za sebou.

Metody zakládání sklářské vsázky do vanových pecí, zakládací zařízení a jeho výkon mají velký vliv na provoz sklářských vanových pecí. Jsou rozhodující jak pro množství, tak pro životnost pecí. Technologie tavících procesů ve vanových pecích vyžaduje, aby se dodržel přesný tavící postup, ale i nepřetržité zakládání sklářské vsázky. Nepravidelnost a nesprávné postupy můžou zavinit vážné poruchy. Strojní výroba skel má mnohem větší vanovou pec a tak je nutné řešit i způsob zakládání sklářské vsázky. Ruční pravidelné nakládání kmene na velké kopce ustoupilo zakládání mechanickému, automatickému.

V ostatních zemích se sleduje i zrychlený proces sklářské vsázky i její úpravou. Je snaha i opustit klasický způsob zakládání sypkého kmene a přejít na zakládání sklářské vsázky ve formě briquet, granulí, frity či spékaného kmene. Tím se ovlivní nejen vnášení sklářské vsázky do pece, ale i konstrukce zakladačů vsázky. Zůstává, ale jedna otázka zda je lepší zakládat kmen se střepy nebo je zakládat jiným zakladačem.

V technologii vnášení sklářské vsázky uznáváme čtyři základní systémy:

- a) nakládání na větší kopce (hromady) nepřetržitým způsobem
- b) zakládání v tenké souvislé vrstvě nepřetržitě
- c) zakládání větší kopců (hromad) spojitých nebo s mezerami
- d) zakládání malých hromádek s mezerami

Druhy zakladačů máme buď mechanické, ruční, šnekové, pískové a speciální.

### **4.3 Sklářské tavící pece**

Sklářské tavící pece jsou na výrobu skloviny z pevných surovin. Na vanovou jsou kladeny tři základní požadavky: Nízké náklady na tavení, dobrá kvalita skla (bez kamínků, bublin a dobrá homogenita), ekologie (předepsané limity)

Skloubit všechny tyto nároky není z pravidla možné, lze však porovnat jednotlivé alternativy. Ve výrobě průmyslových skel jsou rozhodující nízké náklady, v malotonažním sklářství je naopak kladen velký důraz na kvalitu skloviny. Jestli se vše porovnává, musí se upravit i vstupy, kvalita a emise. Všechny pece musí fungovat cca 10 let.

Tavení skla v pánvích převážně výroba ručně zpracovaného skla je nejstarší výroba sklářské výroby.

### **4.4 Spalování-Ohřev-Tavení-Čeření –Vrácení na pracovní teplotu**

Složité pochody probíhají v podmínkách tavení skla v pánvích a jejich vzájemné souvislosti lze obecně hodnotit ze tří hlavních hledisek:

- a) vlastní silotvorný pochod, který určuje směrný teplotní průběh tavící křivky
- b) tepelně technické podmínky dosahované tavícím agregátem, jež v souhrnu objektivně ovlivňují časový a do určité míry i teplotní průběh tavby

- c) pochody probíhají mezi sklovinou a žáruvzdorným materiálem, jež v převážné míře určují kvalitní znaky utavené skloviny

Podmínky dané sklotvorným pochodem a tepelně technickým stavem tavicího agregátu určují tedy rozsah technologických možností řídit časový a teplotní průběh tavicí křivky. Pochody mezi sklovinou a žáruvzdorným materiálem určují kvalitu, tedy i použitelnost utavené skloviny. Takto nabývá kvalita skloviny v souvislosti s tavicím pochodem. Základní znalost mezi sklovinou a žáruvzdorným materiálem pánví a vlastností produktu koroze vytváří předpoklad k ovlivnění tavicí křivky, která zabraňuje vzniku nehomogenit ve sklovině. Záměrné ovlivnění pochodu tavení vychází téměř vždy z úvah o vzniku šlír ve sklovině.

Úseky pochodu tavení z technologického hlediska je možno vlastní tavení rozdělit na čtyři úseky:

- a) vyhřátí tavicí pece před naložením vsázky
- b) tavení vsázky
- c) odplynění skloviny (čeření)
- d) sejití na pracovní teplotu

Z hlediska fyzikálně chemických dějů lze tavení charakterizovat třemi hlavními pochody:

- a) silotvorný pochod (protavení vsázky)
- b) homogenizace skloviny
- c) odplynění skloviny

Tyto úseky není možno od sebe nějak oddělovat, protože se vzájemně překrývají, probíhají současně nebo se opakují.

Protavení vsázky je charakterizováno endotermickými reakcemi slinování, tvorby silikátu a skloviny. Tyto reakce vznikají v teplotních oblastech 900°C, kde jsou též ukončeny hlavní chemické reakce. Vsázka se mění ve spečenou hmotu, ze silikátů a neprotaveného písku. Tato reakční oblast je charakterizovaná vznikem eutektických směsí, kde se uplatňují i urychlovače tavení. Tvoření skloviny je pokračování tohoto pochodu, kdy v eutektických taveninách probíhá vzájemné rozpouštění silikátů a kysličníku křemičitého. Se stoupající teplotou také stoupá rychlost difúze a rychlost rozpouštění křemičitého písku a křemičitanů.



Vlivem difúze a homogenizačního účinku unikajících reakčních plynů se vyrovnává koncentrace roztoku křemičitanů v celé hmotě příslušné vrstvy taveniny a začíná se vytvářet homogenní sklovina. V praxi, kdy se nakládá za teploty 1360 °C, probíhají reakce tvorby silikátů a vzniku skloviny téměř bouřlivou reakcí na povrchu naložené vsázky.

Homogenizace skloviny se uplatňují čtyři základní fyzikální podoby:

- a) Protavení vsázky
- b) Stékání taveniny s kopečku vsázky
- c) Nucené proudění skloviny probubláváním nebo mícháním
- d) Homogenizace vlivem prostupování unikajících plynů vrstvou skloviny
- e) Konvenční proudění skloviny

Tyto způsoby nejsou od sebe odlišovány, ale spíš překrývány nebo se v různých obměnách v průběhu tavy opakují. Z fyzikálního hlediska je homogenizační schopnost dána koncentračním gradientem jednotlivých složek uvnitř tavy. Charakter těchto koncentračních rozdílů je dán vlastním průběhem silotvorného pochodu a vlastnostmi taveniny. Mechanické zásahy tento proces jen urychlují. Například šlíry vzniklé v průběhu tavení jsou mechanicky natahovány a je tak zvětšen reakční povrch pro jejich rychlé difuzní rozptýlení.

Za předpokladu, že se tento kmen protavuje dobře, nelze v tomto úseku uvažovat o homogenizaci skloviny v pravém smyslu slova. Je to zde spíše rozdělení kapalných fází na začátku a konci silotvorného pochodu. V začátcích protavování vsázky se přednostně vyčeřují lehce tavitelné složky vsázky, především alkálie, které stékají z kopečku vsázky a hromadí se po obvodě pánve. Dále protékají kolem pánve těžší složky pod neroztavené vsázky. Ke konci se začne protavovat křemičitý zbytek kmene ochuzený o alkálie. Chemické složení skloviny v různých místech na začátku a na konci pochodu může být značně rozdílné. Úměrně s postupem protavování vsázky a zvyšování teploty tavení se snižuje i viskozita vznikající skloviny a tavení je provázeno bouřlivým vývinem plynů. Při prostupování plynů taveninou se projevuje jejich homogenizační účinek, takže lze zpětně uvažovat, že po roztavení vsázky je nově vzniklá vrstva skloviny v pánvi homogenní.

Až do skončeného protavení vsázky existují v pánvi značné vertikální pády. Sklovina se protavuje teplem které přichází z vrchu. Teplejší lehčí sklovina je neustále na vrchu a chladnější těžší se drží na dně pánve. V průběhu protavování jednotlivých nakládek vsázky, proto nemůže nastat samovolná homogenizace proudění. Po skončeném protavení vsázky

zůstává v pánvi vrstva z předchozích sázek, jak šly za sebou. Proto se používá nucené homogenizace probubláváním, případě vrtulovým mícháním.

V tomto úseku tavicí křivky nastalo vyrovnání vertikálních teplot spádů a ve větší míře se mohou uplatnit jen horizontální teplotní spády. Existuje zde velmi malé proudění. Podstatnější homogenizační účinek v čerčícím úseku tavicí křivky mají plyny, které prostupují taveninou vzhůru.

Po skončení tavení a odplynění skloviny nastává prudký pokles teplot, a to na teplotu pracovní. Tento úsek se nazývá sejítí a má značný homogenizační význam. Při náhlém ochlazování povrchových vrstev skloviny a vrstev u stěny pánve jsou splněny podmínky samovolného konvenčního proudění. Lehčí sklovina stoupá středem pánve a chladnější klesá kolem stěn dolů. Toto proudění trvá, tak dlouho dokud se nevyrovná po celé hmotě skloviny. Na začátku je tento proces nejintenzivnější, a když se blíží k vyrovnání tak slábne tento účinek.

Odplynění skloviny je v průběhu tavení různý. Ve fázi protavování vsázky jde převážně o unikání reakčních plynů a vzduchu. V období čerčení se za součinnosti čerčících látek a zvyšováním teploty uplatňuje odplyňování skloviny přesycené rozpouštěnými plyny.

Čerčení skloviny se rozumí oblast tavicí křivky po nucené homogenizaci, kde se svým urychlujícím účinkem zúčastňují čerčící látky. V průběhu protavování vsázky unikají z větší části reakční plyny. Vlastní čerčení skloviny je odplynění rozpouštěných plynů, může však rovněž nastat tehdy, když se jednotlivé doklázky vsázky přidávají při vyšších teplotách na téměř protavenou sklovinu z předcházející naklázky. Tohoto jevu lze s výhodou využít při záměrném ovlivňování pochodu tavení.

Čerčení je nejdůležitější a nejproblematictější úsek celého pochodu tavení. Odplyňování skloviny je od okamžiku, kdy skončily termické rozklady a silotvorné reakce. Je to před nucenou homogenizací při nižších teplotách, kdy ještě nedošlo k bouřlivému rozkladu čerčících látek. Po homogenizaci skloviny se dosahuje nejvyšších teplot, uplatňují se urychlovače čerčení. Odstranění posledních bublin ve sklovině probíhá již v oblasti sejítí na pracovní teplotu.

Tepelné podmínky k tavení jsou specifické pro každý tavicí agregát, způsobily, že technologie tavení skla v pánvích zůstala na převážně empirických základech. Způsob a

intenzita sdílení tepla při použití různých paliv a různých typů pecí charakterizují teplotní tavící křivku. Změna teplotních podmínek tavby má vliv na fyzikální chemické pochody.

Pro správný průběh tavení je nutno dodržet tyto teplotní atmosférické podmínky:

- a) Po skončení šichty sklářů co nejrychleji vyhřát generátory i prostor pece na tavící teplotu. V peci je nastaven přetlak a atmosféra je silně redukční. Plamen vyhořívá až v předkomůrce regenerátoru.
- b) V úseku protavování vsázky je účelné vést tavící pochod tak, aby se teplota v peci zvyšovala co nejrychleji. Se zvyšující teplotou v počáteční fázi tavení se urychlují endotermické silotvorné reakce a zkracuje se úsek protavování vsázky. Teplo se přivádí do vsázky vedením a sáláním vzhledem k izolačním schopnostem vsázky malou mírou vedením. Přívod tepla probíhá z vrchu, aby špička plamene zasahovala roztavující se kopeček vsázky. Atmosféra v peci má být oxidační. Což je nutné u olovnatých skel, aby se zabránilo vyredukování elementárního olova. Vertikální teplotní spády, v počátku protavování nemusí být vyrovnané, neboť je protavování vsázky svrchu.
- c) Základním kritériem je vyrovnat teplotní spády při homogenizaci skloviny probubláváním. Do té doby nebyla tepelná vyrovnanost nutná a jejich předčasné dosažení jde na úkor tepelného přetěžování spodní stavby pece. U dolnoplamenných pecí v úseku protavování lze pozorovat v předkomůrce u ležatých komor nepravidelný, pulzující konec plamene vycházející z hořákové šachty. Teploty v regenerátorech nemají před homogenizací probubláváním přesahovat 1150 °C.
- d) Po roztavení vsázky a vyrovnání vertikálního teplotního spádu v pánvi, což je nejdůležitější podmínkou pro úspěšný průběh homogenizace a čerení, je nutné tento stav udržet do odplynění skloviny. V tomto úseku se dosahuje maximálních tavících teplot. V tavící peci je udržován mírný přetlak provázaný redukční atmosférou. Teploty v regenerátorech též dosahují maxima, jež nesmí být vyšší než 1200 °C. Neměrným zvyšováním teplot se smršťují šamotové klenby v blízkosti hořáku, vypadávají klíny, porušuje se mechanická pevnost a se zborcením dělicí podpěry. Dalším nepříznivým jevem přílišné akumulace tepla ve spodní tavně pece, teplota v regenerátoru nad 1200 °C, je vznik velkých bublinek. Náchylnost mají nejvíc skla olovnatá a sodnodraselná.

- e) Sejití na teplotu po skončení čeracího úseku se seřizuje různě podle typu tavící pece. U dolnoplamenných pecí se vyřadí na určitou dobu z činnosti tepelný a odtahový systém. U hornoplamenných a malých pecí se pouze zeslabí účinnost topného systému.

Způsob sdílení tepla závisí na druhu používaného paliva, na konstrukci pece a tepelné vodivosti sklářské vsázky v průběhu tavení.

V počátku stádia tavby, kdy obsah pánví tvoří tepelně nevodivá vsázka, probíhá sdílení tepla převážně konvekcí a sáláním. Sdílení tepla vedenými ve stěnách pánve.

Hlavním hlediskem pro technologické posouzení je stupeň svítivosti plamene, druh používaného plynu a dráha spalin ve vztahu k poloze pánví. Nejdůležitější podmínkou pro správné probíhání tavby s veškerými technologickými důsledky ( slnutí dna pánve vůči působení koroze, homogenizace a čerení skloviny ) vyrovnání vertikálního teplotního spádu po ukončení silotvorného pochodu, po roztavení posledních zrn písku. U dolnoplamenných pecí je to protažení tepelné špičky plamene, až do protější hořákové šachty s účelem vyšší tepelné akumulace do masivu spodní stavby pece. Je-li takovýto způsob nastavení pece spojen s přetlakem ve spalovacím prostoru, potom změna charakteru plamene způsobená změnou druhu plynného paliva nemůže mít nepřetržité technologické důsledky. Podkovový plamen s jeho rozprašením o klenbu vytváří ideální podmínky pro sdílení tepla konvekcí. Proto u těchto pecí nečiní žádný problém přechod ze surového generátorového plynu na svítiplyn.

Technologie hornoplamenných pecí bude tedy nejvíce ovlivňovat druh plynu a množství uhlíkatých složek. Zatím co, při použití vysoce svítivého plamene zemního nebo generátorového plynu, zcela jiných poměrů můžeme dosáhnout svítiplynem s nízkým obsahem uhlíkatých látek a s vysokým obsahem vodíku. Jakákoliv konstrukční úprava u hornoplamenné pece, vede ke zlepšení podmínek pro způsob sdílení tepla konvekcí, znamená to především u nízkouhlíkatých plynů. Jde především o spomalení spalin v prostoru pece po výstupu plamene z hořáku a podpoření turbulentního proudění spalin v prostoru podlahy pece. Velký význam mají pomocné odtahy v obvodovém zdivu pece v blízkosti podlahy (konstantní kanály). Jeho hlavní funkce je, když skláři pracují a udržují se tak vertikální teplotní spády.

Palivo – dostatečné zásoby hnědého uhlí byly využívány v generátorových stanicích pro výrobu surového generátorového plynu, kterým byla otápěna většina pecí

v Československu. V počátku devadesátých let vymizely generátorové stanice a hlavním palivem se stal zemní plyn otop sklářských pecí.

O kvalitě paliva je nejdůležitější jeho technologické hledisko, dále zajistit jeho poměrně vysokou spalovací teplotu, je potřeba hledět na čistotu paliva. Spalovací proces je ovlivňován automaticky (proto skláři vyžadují palivo o malém obsahu prachových částic a vodní páry, aby nedocházelo k zanášení, korozi a regulaci prvků. Z hlediska měření je zajímavá stálost parametrů paliva ve výhřevnosti a hustotě. Nezbytný požadavek na ovlivnění charakteru spalování (myšleno vytvořit oxidační a redukční atmosféru v prostoru pece).

Spalování – závisí na druhu paliva a jeho množství, druh oxidovadla v praxi kyslík a vzduch a spalovacím poměru palivo/oxidovadlo. Jejich objem určuje teplota a tlak. Vzhledem k tomu, že objem plynu se mění s teplotou a tlakem, je běžným zvykem uvádět tyto hodnoty za normálních podmínek.

Přestup tepla ve spalovací peci.

Mechanismy sdílení tepla ve sklářské peci. Ve sklářské peci probíhá sdílení tepla třemi klasickými mechanismy, vedením, zářením a prouděním a to ve vzájemné kombinaci. Navíc je třeba si uvědomit, že teplotní pole bývá ustálené (nezávislé na čase) pouze v ideálním případě a to značně komplikuje přesné výpočty.

Sdílením tepla vedením – teplo se šíří v důsledku tepelného pohybu částic hmoty, které se nemohou vzájemně šířit (elektrony, atomy, molekuly). Tento mechanismus je možný jen u pevných těles a v nehybné vrstvě tekutin. Vedení se uplatňuje v pevných látkách a řídí se rovnicí Fourierovou. Tepelný tok je přímo úměrný teplotnímu spádu, tepelné vodivosti a nepřímo úměrné tloušťce stěny. Tepelná vodivost dané hmoty se může lišit v závislosti na měrné hmotnosti, vlhkosti, struktuře, ale zejména je závislá na teplotě.

Sdílení tepla prouděním – toto se týká především tekutin, které se dokážou dobře mísit i když mají jinou hustotu. Mísí se buď samovolně (volná konvekce), nebo vnějšími silami (nucená konvekce). Sdílení tepla konvekcí se nejraději uplatňuje při výměně tepla mezi tekutinou a tuhým tělesem. Teoreticky odvodit obecný popis sdílení tepla prouděním v nestlačitelné tekutině se skládá ze soustavy diferenciálních rovnic (rovnice Navier-Stokesová a diferenciální rovnice komunity).

Sdílení tepla sáláním – jeho podstatou je přeměna tepelné energie na energii záření, toto záření se při dopadu na jiné těleso mění na energii. Na rozdíl od předchozích dvou způsobů šíření tepla dochází k přenosu i ve vakuu. Energie záření může být jinými tělesy odražena, nebo pohlcována a může se také procházet a přeměňovat na teplo. Přenos tepla může v závislosti na teplotě probíhat ve viditelné formě v infračervené oblasti spektra. Sálání ve viditelné oblasti má význam pouze pro velmi vysoké teploty, v technické praxi má největší význam v infračervené oblasti, zejména v rozsahu volných délek 0,76 až 15  $\mu\text{m}$ . Jelikož se jedná o elektromagnetické záření, může se šířit i ve vakuu.

Pochody v tavícím prostoru sklářské tavící pece – V tavící peci nedochází jen k přestupu tepla, ale i k velmi složitému transportu energii a hmoty. Mezi základní patří:

- 1) Přenos tepla zářením a konvencí z plamene na vsázku a skloviny.
- 2) Přenos tepla zářením a konvencí z plamene na klenbu a stěny pece.
- 3) Přenos tepla ze skloviny na stěny bazénu.
- 4) Přenos tepla ze skloviny na vsázku, přenos tepla ve sklovině a vsázce.
- 5) Přenos tepla zářením mezi stěnami.
- 6) Přenos tepla zářením mezi stěnami pece a sklovinou, především mezi klenbou a sklovinou (vsázkou).
- 7) Hydrodynamický tok skloviny.
- 8) Hydrodynamický tok plynů ve spalovacím prostoru pece.
- 9) Předávání momentu hybnosti spalín na stěny pece.
- 10) Předávání momentu hybnosti skloviny na stěny bazénu.
- 11) Chemické reakce a fyzikální pochody v kmenu.
- 12) Chemické reakce a fyzikální pochody mezi sklovinou a kmenem.
- 13) Chemické reakce a fyzikální pochody ve spalovacím prostoru.
- 14) Chemické reakce a fyzikální pochody mezi sklovinou a stěnami bazénu.
- 15) Přenos tepla vedením ve stěnách pece.
- 16) Přenos tepla prouděním a sáláním mezi stěnami pece a okolím.

Procesy ve sklářské vaně bývá výhodné rozdělit tavící část na spalovací prostor a prostor vsázky a skloviny. I když jsou tyto pece úzce spjaty tak je považujeme do určité míry za samostatné. Dále je také uvážit jaké položky ve výše uvedeném seznamu jsou rozhodující pro práci agregátu a které je možné zanedbat.

Regenerace a rekuperace – Zásadní vliv na spotřebu paliv má regenerace tepla. Ve sklárnách se často využívá teplo ze spalin na předehřev spalovacího vzduchu, který je realizován v rekuperačním či regeneračním výměníku tepla. Předehřátý spalovací vzduch pomáhá k úspoře paliva, ale i ke zvýšení spalovacích teplot, rychlosti hoření a i zvýšení výkonu tavícího agregátu. Zásadní odlišnost mezi rekuperátory spočívá v tom, že u rekuperátoru proudí stále na jedné straně teplosměnné plochy spaliny a na druhé straně médium.

U regenerátoru proudí střídavě na jedné téže straně teplosměnné plochy po dobu periody spaliny a po měnění ohřívání médium, regenerátor má jen jednu teplosměnnou plochu. Z toho plyne, že u rekuperace je jen jeden výměník, pro regeneraci jsou nutné nejméně dva, v jednom probíhá ohřev a ve druhém probíhá zároveň ochlazování vzložením ohříváním médiem. Pro oba výměníky platí stejné požadavky na teplosměnnou plochu spočívá ve vysoké tepelné vodivosti. Rekuperátor má navíc požadavek na vysokou akumulační schopnost a vyšší teplotní odolnost.

U rekuperátorů prochází teplo stěnou při ustáleném toku tepla ze strany spalin do ohřívání média, pro regenerátory je přestup tepla ze spalin na stěnu vyložení, ohřev v období průchodu ohřívání média opět nestacionární ochlazování a nestacionární přestup z vyložení do vlastního média. Rekuperátorů se v průmyslu využívá poměrně hodně a je jich i mnoho typů. V současné době se nejvíce využívá radiační rekuperátor v souproutém uspořádání (spaliny vstupují do rekuperátoru stejným směrem jako studený vzduch). Tím se docílí menšího namáhání materiálu i za cenu toho, že se nedocílí tak vysoké teploty, jako u proti proudových uspořádání. Radiační rekuperátor je vlastně trubka v trubce, kdy velkou trubkou proudí spaliny a tou druhou vysokou rychlostí vzduch. Zejména u větších tavících agregátů se lze setkat s rekuperátory radiačně konvenčními. Vzduch je nejdříve předehřátý v konvenční sekci a pak vstupuje do sekce radiační, kde může být ohřátý až na teploty cca 800°C. Spaliny nejdříve vstupují do podoby radiační a pak do konvenční. Keramické rekuperátory z našich skláren téměř vymizely, protože špatně těsnily. Od dob, kdy se u nás běžně používal k otopu sklářských tavících agregátů surový generátorový plyn, se značně změnila regenerační komory a jejich tvar i materiál. Vzhledem k vlastnostem SGP a jeho výhřevnosti se rovněž předehřívá i samotný SGP. Protože se dne u nás používá zemní plyn, tak se regenerační komory používají na ohřátí spalovacího vzduchu. Také se snížil počet agregátů s regeneračními komorami.

Definování optimálních vlastností pánvové hmoty:

- a) Velká mulitizační schopnost
- b) Nízké povrchové napětí sklovitého produktu koroze, aby byla podpořena rychlost rozproudění šlír v příslušném typu tavené skloviny. Přitom platí, že podstatnější je rychlost difúzního rozproudění než celkové množství uvolněného sklovitého produktu koroze.
- c) Jemnozrnná vložková hmota se slinovací teplotou mírně nad maximální tavící teplotu.
- d) Pravidelná poróznost s malými nespojenými póry tak, aby byla zajištěna dostatečná odolnost proti teplotním nárazům při manipulaci s pánví a při zakládání sklářské vsázky.
- e) Vysoká korozivzdornost a rovnoměrnost otavování ostřiva a vážné části jílu.
- f) Nízký obsah kysličníku železitého.

Homogenizace skloviny je odplynění a roztavení posledních zbytků kmene.

Podmínkou je vyrovnaní vertikálních spádů v pánvi a dostatečně nízká viskozita skloviny. V praxi se vyrovnaní teplotních spádů pozná tehdy, když není poznat jiná barva skloviny, která probublává nahoru. Sklovina se v pánvích homogenizuje probubláváním nebo vrtulovým mícháním. Homogenizaci skloviny se dosahuje těchto výsledků:

- a) Rozmíchají se křemičité a ostatní šlíry, které pocházejí ze sklářské vsázky.
- b) Převážně se rozmíchají i hlinité šlíry ve zbytkové sklovině z předcházející skloviny.
- c) Dokonale se rozmísí jednotlivé vrstvy skloviny ze střepů a kmene, které až do této doby zůstaly navrstveny tak, jak se nakládala vsázka.
- d) Celý obsah skloviny v pánvi je tepelně homogenizován a jsou tak splněny podmínky pro správný průběh čerení skloviny.
- e) Probubláváním málo viskózní skloviny je dán impuls k bouřlivému uvolňování rozpuštěných plynů. Tento vliv se projevuje především u sodnodraselných skel čerené sírany, je-li k probublávání použito redukčně působícího dřeva.

Nelze, ale jinak určit přesný postup probublávání má na to totiž mnoho příčin např.:druh skloviny, čerící látky....



Čeření skloviny po homogenizaci nejdůležitější na tavící křivce v tomto úseku se dosahuje nejvyšších teplot. Sklovitá glazura na stěnách pánví má nízkou viskozitu a rozplavává se do skloviny v podobě hlinitých šlírů. Tavící pochod se musí usměrnit tak, aby se šlíry do čeřicího úseku uvolňovali co nejméně.

Fyzikální zásahy nestačí vždy k urychlení procesu čeření. Velmi podstatný vliv má správná volba seřízení poměrů a kombinace chemických urychlovačů čeření. V tomto směru je odlišná problematika ve vanách a pánvích. Při tavení v pánvích je teplota určena teplotou únosností v pánvích a kritickou viskozitou hlinité glazury, při níž je porušena rovnováha mezi jejím difuzním rozpouštěním ve sklovině a uvolňováním v podobě šlíru. Tato kritická teplota pro běžná sodnodraselná a olovnatá skla leží v oblasti teplot 1440 až 1460°C. Proto správně sestavená řada urychlovačů čeření má zde prvořadou úlohu.

Správná sestava čeření, aby maximální uvolnění plynů probíhalo v dostatečném teplotním intervalu až při čeřících teplotách po mechanické homogenizaci skloviny. Takové sestavení umožňuje vsázce maximální vypuzování plynů ze silotvorných reakcí tak, aby v oblasti čeření byl příznivější poměr mezi zbytkovými plyny a plyny vzniklými rozkladem chemických urychlovačů čeření. Toto odplynění skloviny při nižších teplotách se především uplatňuje při způsobu nakládání druhé, popřípadě třetí vsázky. Nakládání na protavený nebo částečně vyčeřený zbytek skloviny z předcházející nakládky určuje pak vlastní čeření skloviny při vysokých teplotách. S výhodou se používá u skel s vysokou rozpustností plynů např. “ u olovnatých skel.

Způsob vedení tavící křivky v oblasti čeření skloviny závisí na mnoha technologických údajích a musí být určen pro místní podmínky. Kromě druhů použitých čeřiv ovlivňuje průběh čeření typ skloviny a rozpustnost plynů, teplotní poměry ve sklovině, tlakové poměry v peci, redukční nebo atmosférické podmínky.

V podstatě existují dva způsoby, jak zabránit vzniku hlinitých šlírů v čeřicím úseku tavící křivky. První je zkrácený v prodlevách maximální kritické teploty pro stékání glazury. Druhý způsob je založen na snížení čeřících teplotách pod kritickou teplotou stékání glazury za předpokladu, že se celý čeřicí úsek prodlouží. Zatím co prvního způsobu se používá k čeření použitím kysličníku arzenitého a antimonitého, je druhý způsob vhodnější pro síranové čeření.

Sejití na pracovní teplotu u pánvových pecí je horizontální rozdíl teplot, a to od 10 do 20°C. Obecně platná zásada, že sklovina, která má menší počet velkých bublin, se dočeřuje již při snížené teplotě a to o 20 až 30°C nižší, než je maximální čeřicí teplota. Tyto dočeřovací teploty se mohou u tepelně vyrovnaných pecí snížit příkonem paliva do pece, a nebo u tepelně nevyrovnaných pecí se odstaví některé pracovní koláče, jak již bylo uvedeno.

## 5 AJETO s.r.o.

### Historie

Sklárna byla vybudována v letech 1992 - 1994 na základech bývalé německé soukromé manufaktury.

Sklárna Ajeto s.r.o. leží v malé severočeské vesničce, zvané Lindava, asi deset kilometrů východně od Nového Boru, který je pokládán za jedno z nejvýznamnějších center světové sklářské výroby. Sklárna byla vybudována v letech 1992 - 1994 na základech bývalé německé soukromé manufaktury pro stříhání a barvení sametu, kterou založil a vlastnil významný textilní podnikatel Ignaz Richter a jeho synové.



Historie sklárny Ajeto samozřejmě nesahá do minulosti tak daleko, jako historie německé textilky, ale společným znakem obou firem je úspěch... Snad jen s tím rozdílem, že sklárna Ajeto a její pověst nepřekročila pouze hranice regionu a České republiky, ale hranice Evropy a kontinentů vůbec a s její typickou a na první pohled rozpoznatelnou tvorbou se tak můžete setkat opravdu po celém světě. V historii lze vystopovat několik důležitých momentů, které sehrály důležitou roli v pozdějším vzniku firmy jako takové.

Nejvýznamnější bylo pak pravděpodobně první a do jisté míry osudové setkání Petra Novotného a Bořka Šípka. Bylo to v roce 1982, tedy v době izolace tehdejšího Československa tzv. Železnou oponou, kdy do Čech na malou chvíli přijíždí mladý a v té době neznámý Bořek Šípek, který po své emigraci v roce 1968 žije nejprve v Německu a poté v Holandsku.



Spolu se svým opatrovníkem René Roubíčkem, který patřil a stále patří mezi nejslavnější světové sklářské výtvarníky, pak navštíví sklářskou huť Hantych v Novém Boru, tehdy spadající do koncernového podniku Crystalex Nový Bor. Tam je Bořek Šípek představen Petru Novotnému, stejně tak mladému, ale v té době již velice talentovanému skláři a několik minut nato pak tato unikátní dvojice designér - řemeslník vytváří první skleničku, kterou to vše začíná...

Při všech pozdějších kontaktech se pak jejich plodná spolupráce a hlavně silné přátelství prohlubuje a po několika letech a hlavně díky Sametové revoluci v roce 1989 přirozeně vyústí ve vznik sklárny. Ta ale ovšem nebyla hned založena v Lindavě, ale jako každý nový a unikátní projekt si prožila své porodní bolesti. V době, kdy byla po dlouhém hledání vhodného objektu pro založení sklárny zakoupena ruina staré německé textilky a následně pak probíhala její rozsáhlá rekonstrukce a přestavba, firma se svými prvními zaměstnanci pracovala formou pronájmu v jiných sklárnách, a to například v Kamenickém Šenově a Novém Boru, odkud vlastně její zakládající tým původně vzešel. Tým prvních asi osmi sklářů se totiž pomalu formoval již v roce 1990 - 1991 a byla to právě stará novoborská huť Hantych, ze které všichni skláři pocházeli a kde od svého vyučení pracovali.



V prvních momentech mohli pro Bořka Šípka skláři pod vedením Petra Novotného tvořit pouze o pátečních odpolednech nebo sobotách, ale o to více to bývaly unikátní a jedinečné momenty. Momenty, kdy vznikaly první slavné Šípkovy objekty, kterým on sám věnoval jména po svých sklářských kamarádech, podílejících se na jejich vzniku.

Vázy jako Novotný, Laurin, Sobotka, Barkovský, Štolún, mísy Šáral, Fafala nebo svícen Kubela již sice dnes patří k historickým momentům ve vývoji firmy a její tvorby, nicméně jsou milovníky špičkového designu stále vyhledávány.

Také všechny tyto skláře, jejichž jména skleněná díla nesou, můžete ve sklárně stále spatřit spolu s jejich dalšími kolegy při práci pro celou řadu špičkových výtvarníků, designérů či architektů. To vše ale mělo svůj začátek, kdy byl poprvé zapálen oheň v lindavské sklářské peci.

Tím opravdu prvním dnem zahájení provozu v Lindavě se stal 28. říjen 1994, kdy byla zbrusu nová sklárna slavnostně otevřena na počest konání Mezinárodního sklářského symposia, které se konalo jak zde, tak i v novoborské sklárně Egermann, podílející se na organizaci této akce. Slavnostního setkání a vůbec celého symposia se tehdy zúčastnilo na tři desítky významných světových a českých umělců a designérů, mezi jinými například David Palterer, George Sowden a Paolo Deganello z Itálie, Marvin Lipofski a Charles Parriott z USA, Shimizu Fumio a Atsushi Kitagawara z Japonska a mnoho dalších.

Vysoká kvalita práce zdejších sklářských mistrů, jejich řemeslná úroveň a v neposlední řadě i schopnost mezinárodní komunikace pak ze sklárny Ajeto vytvořily světově unikátní místo, vyhledávané jak ryze sklářskými výtvarníky, tak i architektky, designéry, módními návrháři, filmaři a dalšími tvůrčími osobnostmi opravdu ze všech světadílů.

Zásadní události ve sklárně Ajeto s.r.o

**1982** první setkání designéra Bořka Šípka a designéra a skláře Petra Novotného

**1989** zahájena sklářská výroba společníků Petra Novotného, Bořka Šípka a technologa Libora Fafaly společně s několika sklářskými mistry. Tvorba je zaměřena na exkluzivní umělecké zakázky - prozatím v pronajatých sklárnách na Novoborsku

**1992** zahájena přestavba ruiny po bývalé německé textilní manufaktuře v Lindavě na novou sklárnu.

**1994** 28. října zahájena výroba v nové sklárně v Lindavě. Sklárna v Lindavě se od svého otevření stává místem, kde se schází světoví sklářští umělci a designéři, architekti, umělci, herci, filmaři a kumštýři všeho druhu. Za dobu své činnosti se sklárna podílela na tvorbě řady projektů českých i mezinárodních. Sklářské unikáty z Lindavy se už dostaly do rodin mnoha českých i světových umělců a celebrit, řady státnických a panovnických budov a také do veletržních stánků a návštěvních prostor významných nadnárodních společností.

**1997** otevřena galerie Ajeto v Novém Boru - v roce 2000 byla galerie přebudována do dnešní podoby.

**2007** zahájen provoz sklářské restaurace Ajeto vybudované dle návrhu Bořka Šípka s jedinečným výhledem na práci u sklářské pece.

**2008** zemědělská stodola vedle sklárny byla přestavěna na Stodolu sklářskou, později na Sklářskou krčmu - ideální prostor na pořádání firemních akcí či posezení s přáteli přímo u sklářské pece a s možností občerstvení.

**2009** otevřeno Ajeto Art Glass Museum v areálu Ajeto v Novém Boru se stálou expozicí. Museum shromažďuje sbírku moderního skla, užitého a výtvarného umění.

**2009** jako první sklárna na světě s ruční výrobou skla u své sklářské pece nahradila tradiční spalování směsi vzduch-palivo novou technologií kyslíko-palivového spalování. Díky kyslíko-palivovému spalování společnost Ajeto dosahuje lépe protavené skloviny, větší stability v peci a lepší konzistenci barev. Automatický řídicí systém odstranil zbytečnou manuální práci a případná lidská selhání. Maximálně flexibilní systém tavení umožňuje dosahovat špičkové kvality konečných výrobků a tak být na špici před konkurencí. Největším přínosem je úspora energie o cca 42%, což přináší nemalou finanční úsporu a je mnohem méně zatěžováno životní prostředí.

#### Nová technologie tavení

V roce 2009 společnost Ajeto jako první sklárna na světě s ruční výrobou skla u své sklářské pece nahradila tradiční spalování směsi vzduch-palivo novou technologií kyslíko-palivového spalování.

Kyslíko-palivové technologie spalování se doposud využívaly pouze pro tavení skla v běžných sklářských vanách při výrobě plochého a obalového skla.

Sklo ručně vyráběné se taví v pánvové peci, která je na rozdíl od sklářské vany otevřená a každá její pánev zpravidla taví jiný druh skloviny.

Vzhledem k tomu, že technologie kyslíko-palivového spalování nebyla doposud nikde na světě u pánvové pece realizována, muselo být navrženo zcela nové individuální řešení. Návrh a realizaci nové technologie provedla společnost Air Products.

Technické řešení:

Stávající způsob tavení skla ve sklárně Ajeto, založený na spalování směsi vzduch-palivo (zemní plyn), byl nahrazen celokyslíkovým spalováním. Tavicí pec je osazena 2 hořáky Cleanfire® HRi TM - jedná se o 3. generaci celokyslíkových hořáků vyvinutých společností Air Products pro sklářský průmysl. Hořáky Cleanfire® HRi TM byly uvedeny na trh v roce 1990 a od té doby jsou neustále zdokonalovány, aby maximálně zlepšily proces tavení skla - jedná se o svítivost, nízkou rychlost plamene a především bezúdržbový provoz. Průtok kyslíku a zemního plynu je automaticky řízen přes regulační řadu, která zajišťuje jejich požadovaný poměr. Výkon je řízen přes termočlánek, což zajišťuje stabilní teplotu v peci během díla a tavba je řízena přes náběhovou teplotní křivku. Systém lze v případě potřeby přepnout do manuálního režimu.

Benefity:

Díky kyslíko-palivovému spalování společnost Ajeto v současnosti dosahuje lépe protavené skloviny, větší stability v peci a lepší konzistenci barev.

Odpadá potřeba předehřevu vzduchu a tím i problémy s rekuperátorem, který musel být každé tři roky měněn.

Pec je zároveň tišší než v minulosti, nešlehají z ní plameny a teplota je snadno kontrolovatelná.

Automatický řídicí systém odstranil zbytečnou manuální práci a případná lidská selhání.

Maximálně flexibilní systém tavení umožňuje dosahovat špičkové kvality konečných výrobků a tak být na špici před konkurencí.

Největším přínosem je úspora energie o cca 42%, což přináší nemalou finanční úsporu a je mnohem méně zatěžováno životní prostředí.

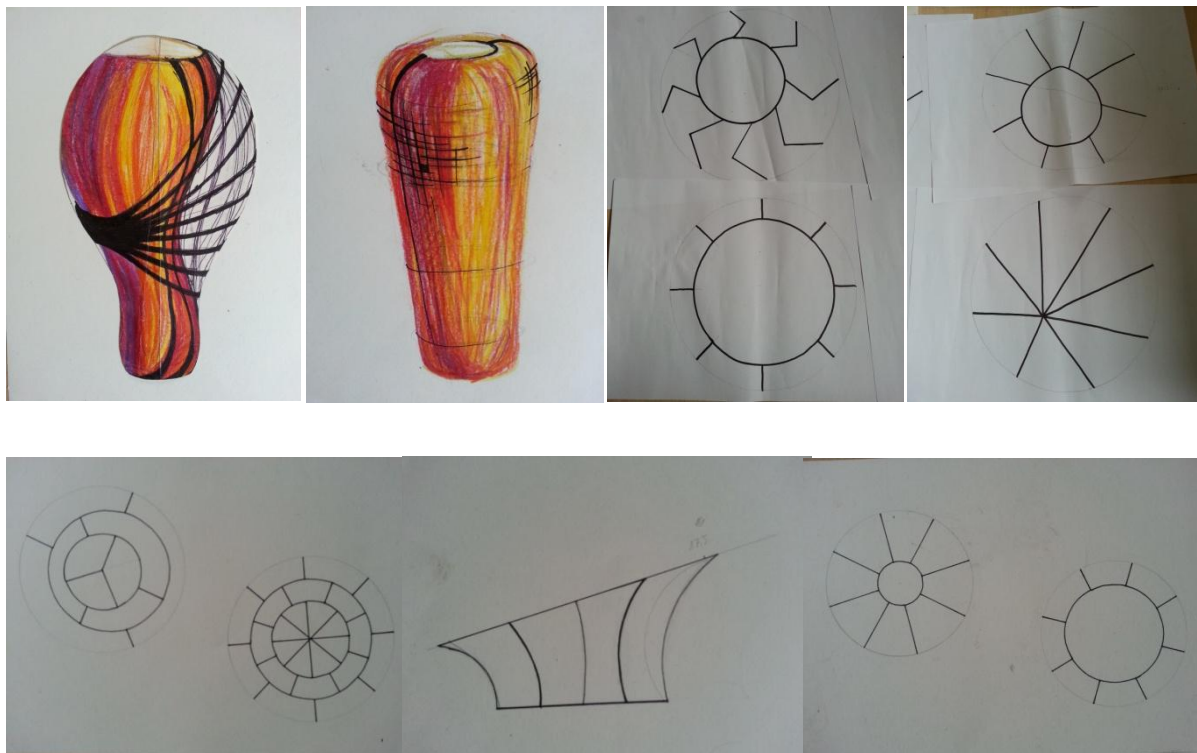
## 6 REALIZACE

### 6.1 Návrhy

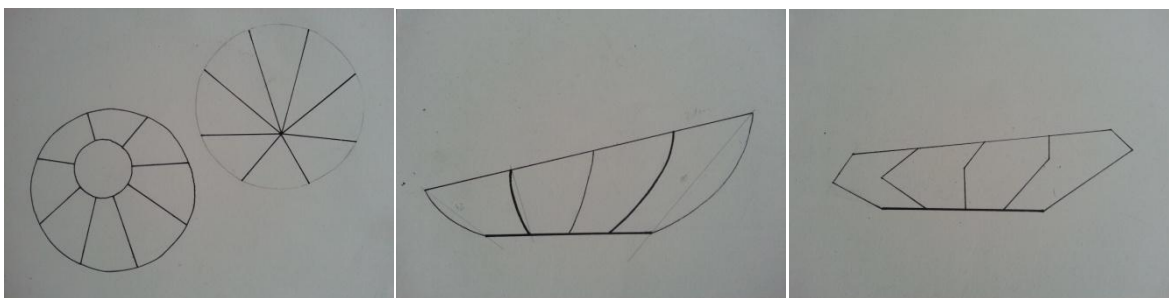
Návrhy vznikaly po navázání semestru, kde jsme měli také téma na stole. Pracovala jsem s příbory a dělala objekty z placatých příborů.



Dále jsem začala být ovlivněná hutním sklem a tak jsem se snažila vytvořit objekty, vázy a mísy na huti. Později vznikaly návrhy s kovem ve velkých rozměrech, které byly nereálné a postupem vzájemných konzultací jsem začala návrhy vytvářet v určitém řádu a pravidelnosti.







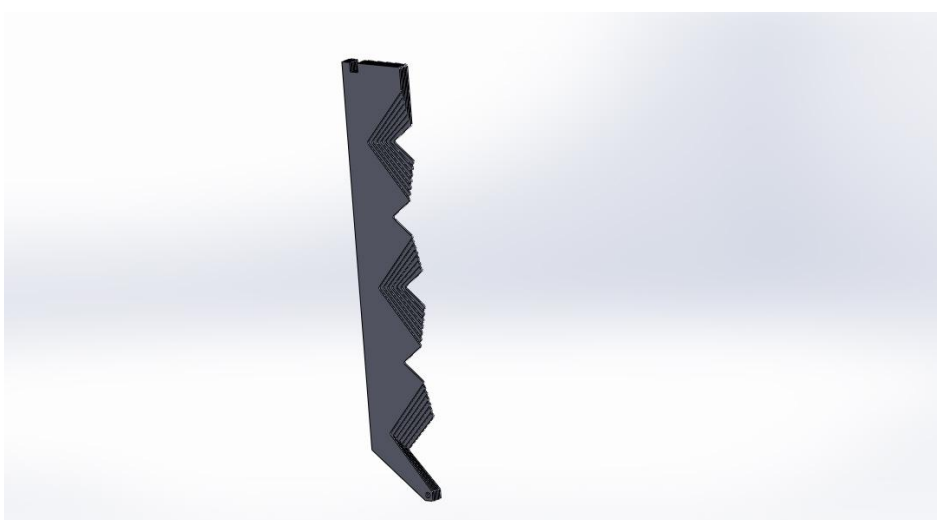
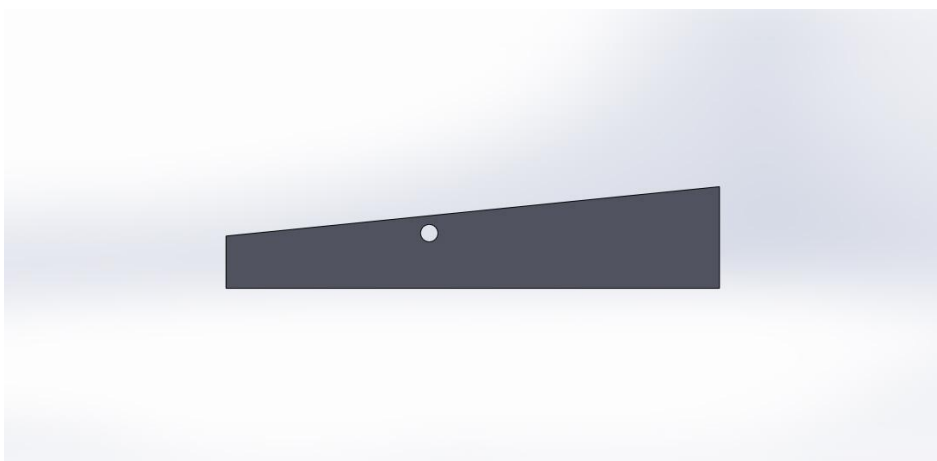
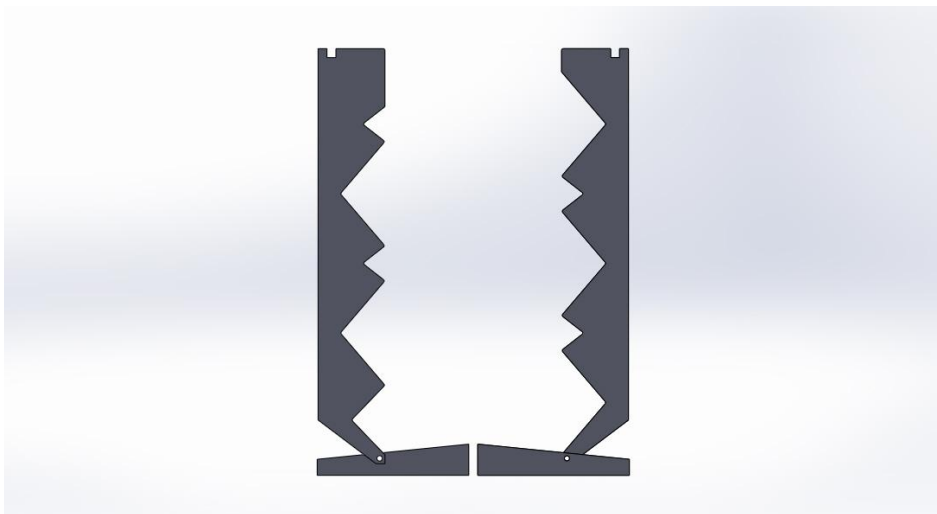
## 6.2 Formy

Formy jsou takzvané klícky ,které drží sklo, aby neuteklo. První realizace vznikaly z nerezového drátu. Tloušťka drátu 1,2 mm ,která shořela.

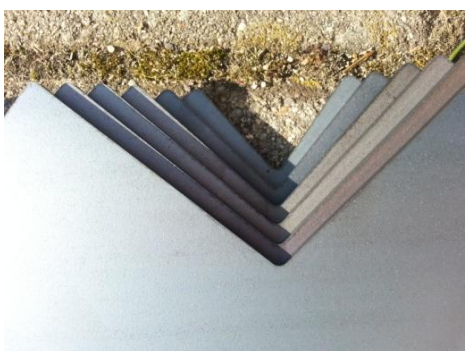
Použitím ocelového drátu tloušťce 3mm a 5mm, vznikaly formy ,do kterých se potom foukalo sklo. Všechny mají kruhovou základnu z drátu 5mm. Všechny formy jsou svařovány tigovým hořákem v ochranné atmosféře.



Další formu jsem modelovala v modelovacím programu, každý díl zvlášť. Díly jsou vyřezány pomocí leaseru do oceli o tloušťce 3mm. Dílů je dohromady 24.







Díly jsou dále pravidelně rozmístěny a sesvařovány. Horní díly jsou upevněny šrouby, a to proto, aby se vyklopily ven, když se vyjímá sklo z formy. Nahoře jsou vyřezané zářezy do,



kterých je upevněný kruh z pravidelnými odstupy. Drží celou formu pohromadě a s pravidelnými otvory.



Takto vypadala forma před konečnou úpravou.



Dále se forma upravovala tím, že se na každý díl navařily dělicí dráty. Do dolní části formy se použily silnější dráty o průměru 5mm a do horní části o průměru 3mm.



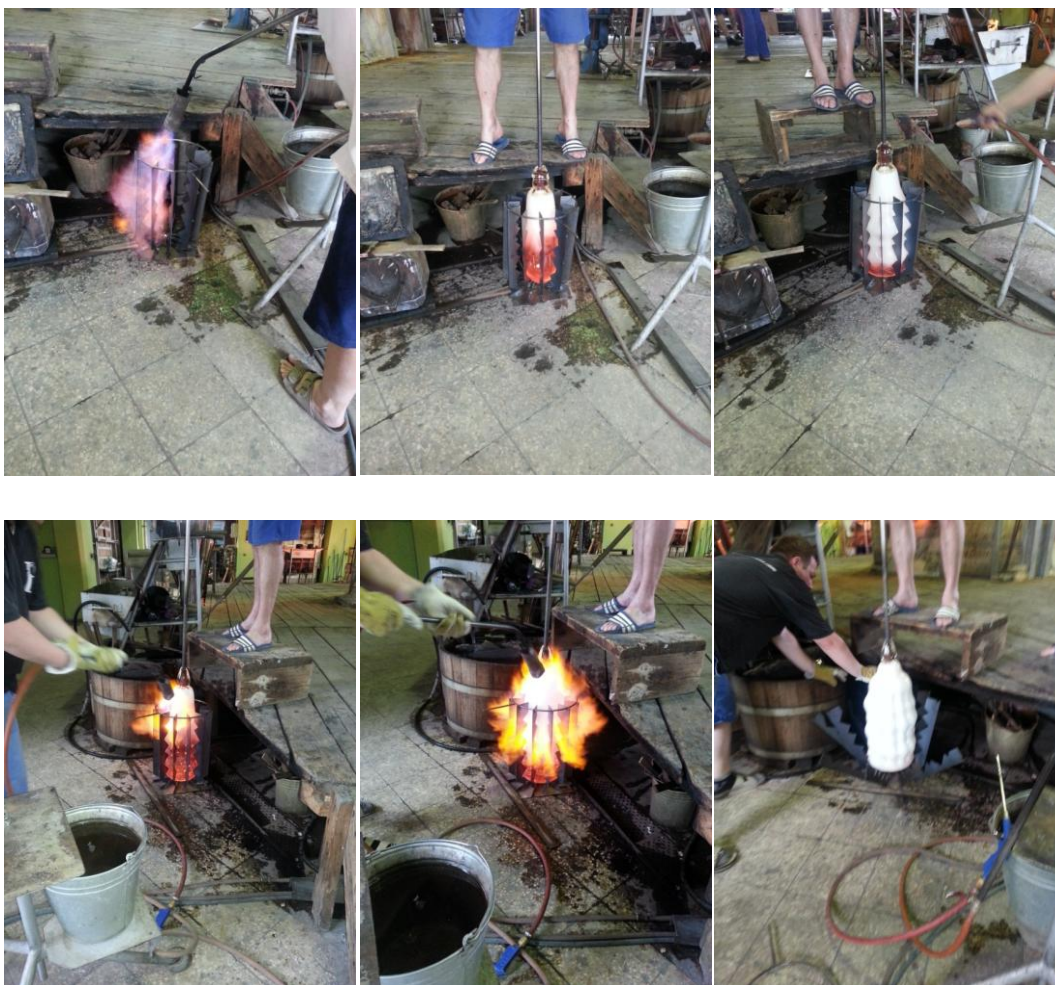
### 6.3 Realizace na huti

Z pece se nabere sklovina, kterou „hut'ák“ upraví do co nejpodobnějšího tvaru formy. Dále se sklo začne rozfukovat do formy.



Realizace váz a objektů do vyřezané formy pomocí leaseru. Forma je nastříkaná grafitem, aby se sklo nenalepilo na kov. Kovová forma se musí nahřát hořákem, aby sklo nepopraskalo. Sklovina se upraví do požadovaného tvaru, aby co nejvíce kopírovala formu. Sklovina se stále nahřívá, aby se dobře rozfoukla do formy. Jakmile je v požadovaném tvaru, tak se zchlazuje a vyndává z formy. A odnáší do temperovací pece.





Realizace do upravené formy.



Problémy, které nastaly, byly většinou v tloušťce materiálu. Nebo plechy byly špatně zakotveny. Na tyto problémy se přijde až při realizaci. Také byl problém, že sklo se hodně vyfouklo a nedalo se vyndat z formy.

#### 6.4 Broušení a zušlechťení povrchu

Nejdříve jsem musela opuknout kopnu, ale tvar do kterého se sklo foukalo je tak nepravidelný že se řezal na dia pile a nebo na diamantovém kotouči. Pak se povrch skla obrušoval do požadovaného tvaru, dále sámoval a leštil.

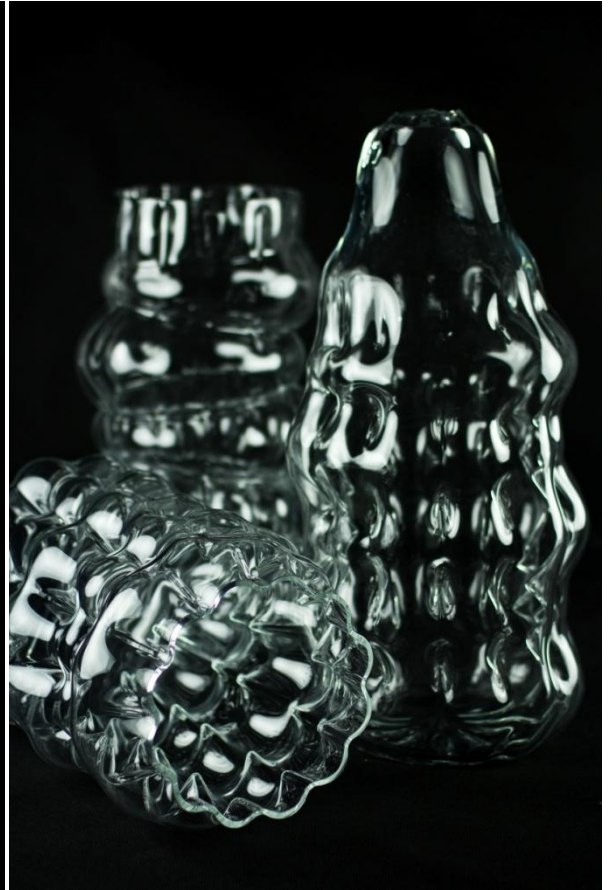




## 7 FOTODOKUMENTACE







## 8 ZÁVĚR

S výsledkem mé bakalářské práce jsem spokojená. Myslím si, že v práci je vidět cesta kterou jsem šla. Také se vyřešili komplikace, které nastaly.

Dodržela jsem zadání skleněný objekt na téma na stole, ale také svou velikostí obstojí i ve volném interieru. Dokázala jsem vyřešit různé technické a technologické komplikace, které se vytvořily v průběhu práce. Výrobek je náročný na výrobu. S konečným výrobkem jsem spokojená a pokud bude možnost, tak bych v tom chtěla nadále pracovat. Práce na sklářské huti mě baví.



## 9 POUŽITÁ LITERATURA

### Knihy

Prof.Ing.Dr.František Kotšmíd: Hutní sklářská příručka. Praha: SNTL, 1971. 173s.

Dr. Miloš B. Volf: Tavení skla. Praha: Průmyslové vydavatelství, 1952. 212s.

Kolektiv: Tavení skla. Praha: SNTL, 1970. 234s.

Kolektiv autorů pod vedením Ing. Ant. Smrčka, CSc: Tavení skla. Jablonec nad Nisou: Česká sklářská společnost o.s.,2008. 696s.

J. Horák: Hutní sklářská příručka. Praha: SNTL, 1973. 112s.

Dr. Miloš Bohuslav Volf: Sklo. Praha: Pražské nakladatelství V. Poláčka, 1947. 372s.

Vlastimil Vondruška: Sklářství, Praha: Grada, 2002. 276s.

Olga Prahotová a Kolektiv: Historie sklářské výroby v Českých zemích 1.díl, Praha: Academia, 2005. 760s.

Olivet CH.: Design, Praha: Slovart, 2009.

Salač G.: Stolničení, Praha: Fortuna, 1996.

Feill CH.: Design 20.století, Koln: Taschen, 2003.

### Internetové odkazy:

<http://www.ajetoglass.com/cs/ajeto/historie/historie-ajeto-group/>

<http://www.ajetoglass.com/cs/ajeto/historie/vznik-sklarny/>

<http://www.ajetoglass.com/cs/ajeto/sklarska-hut/>